

A

COMPARATOROKRÓL.

KRUSPÉR ISTVÁN

R. TAGTÓL.

RAJZOKKAL EGY TÁBLÁN.

(Olvastatott a III. osztály ülésén 1873. február 17.)

BUDAPEST, 1873.

EGGENBERGER-FÉLE AKAD. KÖNYVKERESKEDÉS.

(Hoffmann és Molnár.)

Budapest, 1873. Nyomatott az Athenacum nyomdájában.

A COMPARATOROKRÓL.

KRUSPÉR ISTVÁN R. TAGTÓL.

Rajzokkal egy táblán.

(Felolvasta a III. osztály ülésén 1873. február 17.)

A párisi méter prototypról tartott értekezésemben meg említettem, hogy egy méter rúdnak hosszát egy ezredrés milliméternyi pontossággal meg lehet mérni. Ezen igen ki mértékeeske újabb időben Mikron nevet kapott, és egy ségűl vétetik a mértékek összehasonlításánál előforduló cse kély hosszkülönbségek kifejezésére, mely czélra előbb a v o n a l a t s annak tört részeit szokták volt használni. Egy Mikron közel 0 000455 bécsi vonal; ez legalább 50-szer kisebb, mint sem azt a pusztá szem láthatná. Ilyen kis hosszak meg mérésére tehát sajátságos eszközök kívántatnak, melyeknek használata nagy nehézségekbe ütközik, minthogy az anyagi testek méreteinek thermometricus és hygroscopicus változásai ezen határokat legtöbb esetekben már jóval túlhaladják; tehát folytonos változásban lévő mennyiségekkel van bajunk, holott a mérésnek fogalma mind a mérték, mind a megméréendő mennyiségek állandó voltát feltételezi. Ezen hossz mérték-ösze szehasonlító készülékeket lesz szerencsém ez alkalommal meg ismertetni; ezeknek egy része ugyan már ismeretes, a Voigtländer-féle Comparator, melynek egy fő alkotó része a bécsi öl ősrudja, a bécsi cs. k. polytechnikum évkönyveiben már közölve, a Bessel-Repsold-féle Besselnek egy munkájában,*) a Steinheil-féle a bécsi cs. k. tudományos Akadémia évkönyveiben le van írva; ezekről tehát csak röviden fogok szólni; de

*) Bessel. Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln, welche in den Jahren 1835 bis 1835 stb. Berlin 1839.

a Gambey-féle szerkezet, mely Párisban jelenleg leginkább alkalmaztatik, tudtomra még németül sincs megismertetve, a Tresca-Dumoulin-féle pedig még csak néhány éves, és csak azok előtt ismeretes, kik azt Párisban a helyszinén láthatták.

Hogy a Comparatorok szerkezetének czélszerűségéről igazságos ítéletet hozzassunk, előbb a comparatio mértani elveivel kell tisztába jönnünk. A feladat egyszerűen ez: adva lévén egy egyenes vonalnak AB hossza, egy más, ettől csak kevésbé különböző egyenes vonalnak CD hosszát meghatározni. Ezen feladatot többféleképen lehet feloldani, u. m.:

1. Vegyük le az adott hosszat AB , p. o. egy nagy körzövel, tegyük át ezt a C pontból D felé az E -ig, úgy hogy $AB = CE$ legyen, s mérjük meg az ED

darabkát egy erre alkalmas beosztású léptékkel: ez a két hossz közötti különbség.

2. Fekessük a két vonalat egymás mellé párhuzamosan, s húzzunk a C és B pontokban, AB -re közel merőlegesen, szintén párhuzamos vonalokat Ca , Bb . Most vegyük le az Aa darabkát, tegyük át azt b -ből E -ig, úgy hogy $Aa = bE$ legyen, s mérjük meg az ED

darabkát egy külön léptéken; ez a két hossz közötti különbség.

Az elsőbb különösen német módszernek nevezhető, mert ez lett alkalmazva mind azon országokban, melyekben a tudomány a német cultura emlőin nőtt fel. A második francia módszernek mondható, mert Franciaországban Gambey óta különösen az abban foglaltatott eszméjéről lett uralkodó a metrologiában. Mindakettőnek vannak fény- és árnyoldalai.

Az elsőnek előnyére szolgál az, hogy nincsen semmi mellékfeltételekhez kötve; míg a másodiknál a két fővonalnak párhuzamos fekvést, a keresztvonalaknak szintén párhuzamos fekvést kell adni egymáshoz.

Ellenben az elsőnek hátrányára szolgál az, hogy abban AB az egész vonal hossza; míg a másodikban Aa annak csak tetszés szerinti kis része. Ha tehát a körző hegyei közt levett hossz az áttétel közben változást szenved, p. o. az észlelő testből kisugárzó meleg miatt egy kissé kiterjed, ezen hiba az első esetben sokkal nagyobb lesz, mint a másodikban; mert ezen kiterjedések a kiterjedő hosszakkal AB , Aa egyenes viszonyban állanak.

Mind a két mód a közvetlen mérés elvén alapúl; de újabban megkísértették e célra a közvetett mérés elvét is alkalmazni következő módon:

3. Kössük össze a két párhuzamosan fektetett vonal végpontjait egyenes vonalakkal AC , és BD , gon-

doljunk B -n keresztül AC -hez egy párhuzamost BE , s mérjük meg az EBD



szöget; akkor ha még az E pontban lévő szög is ismeretes, p. o. egyszerűség végett 90° -u, az adott két szögből és a két vonal közötti távból az ED darabkát ki lehet számítani, ez pedig a két vonal hossza közötti különbség.

Az eddig ismeretes Comparatorokon mindig ezen módok valamelyike jön alkalmazásba. Ezek közt nevezetesebbek, s a metrologiában bizonyost hir-nevet szerzettek magoknak

I. a Voigtländer-féle Comparator (1. ábra oldal- és végnézetben). Ennek főbb alkotó részei az A mahagonifa gerenda, melyen egy fecskefark keresztmetszésű sárgaréz lénia B van megerősítve. Ezen két szánka van elhelyezve, melyek a lénia hosszában tolhatók, s minden állásban megerősíthetők; a szánkákon pedig a C , C' göresövek vannak megerősítve, csavar-paránymérőkkel felszerelve, melyeknek látmezejében körülbelül egy vonalnyi nagyságú hosszát meg lehet mérni. A mérés pontossága Stampfer szerint

$\frac{1}{1000}$ vonal. Az A gerendán egy másik vékonyabb mahagoni gerenda D van a két végén csavarokon felfüggesztve, melyekkel azt fel lehet emelni, és le lehet eresztetni. Ezen gerendába a bécsi öl ősrudja E be van illesztve, úgy hogy annak beosz-

tott felső lapja a gerenda felső lapjába esik. Az etalon be van osztva egyes hüvelykekre, s az első hüvelykek még vonalakra is. Stampfer ezen bosztásnak egyes hézagait egymással gondosan összehasonlítja, s a beosztási hibákat táblákba összeállítja, melyek szintén a bécsi cs. k. polytechnikum évkönyveiben lettek közzé téve.

Ha ezen Comparatorral valamely etalont meg akarunk mérni, következő módon kell eljárni. Megmérvén az etalon hosszát körülbelül egy mérpálczával, felkeressük a Comparator beosztásán az ezen mértékhez legközelebb álló hézagot, s a D gerendát olyan magasra emelvén a végesavarok által, hogy a göresövekkel a beosztott felület tisztán lehessen látni, a göresöveket a beosztásnak már kiszemelt két pontja felibe állítjuk, a tökéletes beállítás a parányesavarok által eszközöltetvén, míg a szálak a mértéket tökéletesen magok közé veszik, s mind a két csavar dobján a mutatók állását leolvassuk. Ezután a D gerenda leeresztetik a végesavarok által, s a megméréndő etalon rá helyeztetvén, annak felülete a végesavarok által ismét a göresövek gyűtávjába állittatik. Most az etalonnak részint oldalt, részint hosszirányban való elmozdítása által oda lehet a dolgot hozni, hogy annak egyik végvonása az egyik göreső, a másik pedig a másik göreső látmezejébe essék, sőt gyenge elmozdítás által az egyik végvonást a göreső szálára is lehet állítani, a nélkül, hogy a csavar dobját forgatni kellene, a másik vonás pedig a másik göresőszál mellett fog rendesen látszani; ezen esetben a szálát a csavarforgatása által a vonásra kell beállítani, s a csavar állást leolvassván, a különbség a két etalon hosszának különbségét fogja szolgáltatni csavarforgásokban, melyeket azután a csavar ismeretes méreteiből hossz mértékre át lehet számítani. De nem is szükséges az egyik vonást tökéletesen a szál alá beállítani, mi az észlelést tetemesen késlelteti; elég ha a vonások a göresövek látmezejébe esnek, s inkább a csavarok forgatása által kell a szálakat mind a két göresőnél a vonásokra beállítani, s a csavarállásokat leolvassván, az ugyanazon irányban számított csavarváltozások különbsége fogja adni az etalonok hossza közötti különbséget az uralkodó hőmérséknél azon feltétel alatt, hogy mind a két etalon hőmérséke

egyenlő volt és állandó maradt a mérés alatt, s hogy áttétel közben a görseőtartó rúd hossza változást nem szenvedett. Ezen feltételek első pontjának azonban igen nehéz eleget tenni, mert a Comparatorok etalonja az *E* gerendába be lévén illesztve, a kül légtől el van zárva, míg a megméréndő etalon annak szabadon ki van téve, köztük tehát tetemes hőmérsék különbség jöhet elő. De a feltétel többi pontjainak beteljesedésében sem igen lehet bizni, mert a megméréndő etalont kézbe kell fogni s hosszadalmasan beállítani a görseővek látmezejébe, mi által annak hőmérsékében minden óvatosság daczára változás áll elő; a görseővek számai közt levő táv sem marad állandó, mert a *B* sárgaréz rúd vékony lévén, abban az észlelő testéből kisugárzó meleg a hőmérséketet emeli, s észrevehető kiterjedést idéz elő. Szükség tehát az észlelést ellenkező rendben ismételni; csak így lehet reményleni, hogy az észlelésekből vett közép értékek a szintén leolvasott hőmérsékek közép értékének megfelelő eredményeket fognak szolgáltatni, de akkor is csak azon feltétel alatt, hogy az egyes észlelések körülbelül egyenlő hézagokban következnek egymás után, s hogy a változások az idővel aránylagosan történnek.

Ezen Comparator, melylyel Stampfer tette minden méréseit, nem felel meg a czélnak különösen azért, először mert az eljárás igen hosszadalmas; másodszor: mert a kezelés az etalonnak a kézzel való érintését megkívánja; harmadszor: mert az etalonokat cseppes folyadékba bemártva nem lehet összehasonlítani, pedig csak így lehetne Bessel és más metrologok tapasztalatai szerint az etalonok valóságos hőmérsékét megmérni.

Ezen Comparator különösen vonásos mértékek összehasonlítására szolgál; egy véglapos etalont csak úgy lehet általa megmérni, ha annak mind két végéhez érintkező paralelepiped darabokat illesztünk, melyeknek felső lapjokra vonások vannak húzva. Ily módon felszerelve a vonások közötti hosszat kell megmérni, s az eredményből a paralelepiped darabok hosszainak összegét le kell vonni.

II. A Lenoir-féle Comparator, véglapos etalonok összehasonlítására szolgál, ennélfogva érintkező alkatrészekkel

van felszerelve. Ennek egy javított példánya, amint az szintén a bécsi cs. k. polytechnikum gyűjteményében létezik, a 2-ik ábrából könnyen megérthető. Ebben A egy kő gerenda, melynek kiálló középső részére a B , B' sárgaréz táblácskák vannak megerősítve, ezen táblácskákon az a , a' hengerecskék vannak elhelyezve, melyek közül a hosszában könnyen eltolható, a' pedig csavar lépésekkel van ellátva; ezen hengereknek vég- vagy váll-lapjokra pedig finom érzékeny emeltyűknek rövidebb karjai támaszkodnak, míg a hosszabbak végei beosztott körívek mellett mozoghatnak, melyeken a karok végein lévő mutatók állása leolvasható. A leolvasási pontosság Stampfer szerint $\frac{1}{10000}$ vonal.

Az összehasonlítás itt az által eszközöltetik, hogy az etalonok egymás után az a , a' hengerkék közé helyeztetnek, s ha az érintkezésekről biztosok vagyunk, mit onnan lehet felismerni, hogy ha az etalon hosszant bár mi csekély mértékben elmozdittatik, a mutatók a kör-ívekben helyükből kimozdulnak, a mutatók állását leolvassuk. Ezen eljárás már sokkal tökéletesebb az előbbinél, mert ebben a két etalon hőmérséke könnyebben egyenlővé lesz, miután mindakettő egyenlő körülmények közt van; a kögerenda is inkább állandó marad; de a kezelés lassúsága, és a kézzel való fogdosás még itt is ártalmasan hat a mérés pontosságára. Azonban legnagyobb gyengéje ezen eljárásnak abban áll, hogy a két összehasonlítandó etalon hosszának nem szabad, csak igen kevésbé egymástól különbözni, másként a különbséget a kör-ívekkel meg nem lehetne mérni.

Ezen nehézségek nagyobb részt el vannak hárítva

III. A Bessel-Repsold-féle Comparatoron, melynek szerkezete a 3-ik ábrában alaprajzban látható. Ebben A egy mahagoni fából készült gerendát jelent, melynek két vége, hol a mérő készülékek B , B' vannak elhelyezve, vagy 2'-el magasabb a középső résznél. Ezen mérő készülékeknek főbb alkotó részei a C , C' száncák, melyeket finom metszésű csavarokkal előre és hátra lehet tolni. Mindenik száncán van egy aczél henger a , a' , egyik végén gömb, a másikon kúp alakra idomítva, melynek hegye egy kissé gömbölydedre van

köszörlülve Ezen kúp hegye egy keresztben álló tengelynek alsóbb lapos részével érintkezik, a tengely végén pedig egy érzékeny szintező b , b' van megerősítve. A gerenda középső részén ék alakú párhuzamos sinek vannak megerősítve, melyeken egy merev, könnyű kocsit kerekei nyugosznak, s ezen kocsi felső lapján vannak az összehasonlítandó etalonok egymás mellett megerősítve. A kocsit a sinek hosszában előre és hátra lehet tolni, s ezen mozgást találkozó kiálló peczkek korlátozzák, melyek úgy vannak megerősítve, hogy ha a kocsioldalak hozzájuk ütődnek, egyszer egyik, máskor másik etalon jön az a , a' hengerkéek tengelyei vonalába.

Az összehasonlítás oly módon történik, hogy a kocsinak eltolása által az etalonok felváltva a hengerek tengelyeibe hozatnak, s a finom csavarok által a szánkák előre tolatnak, míg a szintezők buborékjai bizonyos megállapított vonások közt jönnek nyugvásba, s a csavarállások a beosztott csavarfőn leolvastatnak.

Ezen szerkezet már tetemes haladást mutat az előbbiekhöz képest, mert ennél az etalonok hosszkülönbsége már sokkal nagyobb lehet, az etalonokhoz nem kell nyulni, az észlelés gyorsabban halad, az etalonok s a kocsi közt csak kevés érintkezési felületek vannak, tehát az etalonok hőmérséke inkább megközelíti az azt körülvevő lég hőmérsékét, melyet a kocsin elhelyezett hőmérőkön le lehet olvasni; de különös előnyére szolgál ezen szerkezetnek az, hogy az észlelést folyadék alatt lehet végrehajtani; s noha jelen alakjában csak véglapos etalonok összehasonlítására szolgál, nem jár semmi nehézséggel az a , a' hengerek mellé görcsöveket alkalmazni a szánkákon, s akkor a műszer vonásos etalonok összehasonlítására is alkalmassá lesz.

Még nagyobb tökélyre emelhető a műszer, ha a gyenge fa gerenda helyett, mint Ibañez tette, mélyen a földbe fundált erős kő gerenda alkalmaztatik, melynek egyrészt szilárdsága, merevsége, más részt mind a meleg, mind a nedveség iránti érzéketlen volta nagyobb biztosítékot nyújt az iránt, hogy a görcsövek szálai között foglalt táv munka közben legalább ezen oldalról változást nem fog szenvedni. Csak egy hiányt lehet még ezen szerkezetben is észrevenni, s ez abban

áll, hogy az etalonok copiaiinak, s apróbb részekre való besosztásnak készítésére nem alkalmas, a mennyiben a vonások huzására szükséges alkatrészeket rajta elhelyezni nem lehet.

IV. A Steinheil-féle Comparator lényegét a 4-ik ábra mutatja. Ebben A egy üvegtáblából összetett parallelepiped alakú edény, melynek fenekén a véglapos etalonok párhuzamosan egymásra vannak fektetve, az etalonok apró göbees szemeken nyugosznak, hogy könnyen mozoghassanak. Az etalonok végei gömbalakra vannak idomítva, s egyik végükkel az edény B lapjával érintkeznek, a másik végükhöz pedig egy sík tükör C van illesztve, s egy rugó által gyengén hozzájuk nyomva. Az edény végén egy állványon egy táveső van föllállítva oly módon, hogy annak láttengelye a B lapra merőlegesen áll, mit onnan lehet felismerni, hogy a táveső szátkeresztjének a B lap által visszavetett képe a szátkereszttel összeesik. Ezen szátkereszt képe azonban a C tükör által is visszavetettvén, ha a B és C lapok nem párhuzamosak, a kép a szátkereszt alatt vagy felett fog látszani, s az eltérést egy csavar paránymérővel meg lehet mérni, melylyel a táveső épen úgy van felszerelve, mint az előbbi göröcsövek.

Ezen eljárásnak alkalmazása igen korlátolt, mert csak is egymástól igen kevésbé különböző, gömb felületekben végződő, vékony etalonok összehasonlítására alkalmas, mert vastag etalonoknál a tükör hajlásszöge csökkenvén, az eredmény pontossága is tetemesen kisebbedik.

V. A Gambey-féle Comparator (5. ábra alaprajzban) Ezen műszer a francia rendszer képviselőjeül tekinthető. Ennek főbb alkotó részei, egy hosszú öntött vasból készített egyenes vas gerenda, melynek egyik oldala A ék alakra van gyalulva, a másik lapos. Ezen nyugszik három kereken egy kocsi B , melyek közül kettő az A prizmán nyugszik, s karimáján szintén üres prisma alakra ki van völgyelve, a harmadik kerek lapos. Ezen kerek a kocsit pontosan az A rúd hosszában vezetik minden oldalmozgástól menten. A kocsit a maga pályájában egy csavarral meg lehet szorítani, s finom mozgással egy kissé előre vagy hátra lehet mozdítani. A kocsin van egy érzékeny emeltyű m , melynek rövidebb

karja egy kis gömbben végződik, a hosszabbik kar végére pedig egy finom vonás van vésve, s fölibe a kocsin egy görreső C van szilárd állapotban megerősítve, melynek kereszt-szálára az emeltyűkar vonását be kell állítani, s ekkor a gömböcske fekvése a kocsihoz képest meg lesz állapítva. Van még továbbá a kocsin két más görreső D , E is megerősítve egymás mellett, mind kettő ellátva parányesavarokkal. Végre az A gerenda előtt, vele párhuzamos fekvésben egy szintén egyenesre gyalult tábla F van megerősítve, erre helyezettnek az etalonok, s ezen tábla egyik végén egy szintén beosztott fejű csavar G van megerősítve, s gömb alakú basis-sal ellátva. Ezen és a kocsi emeltyűkar végén levő gömböcskének közép pontjai egy, az A prisma élével párhuzamos vonalba vannak állítva.

Ezen készülékkel mindenféle etalonokat össze lehet egymással hasonlítani, ugyanis:

a) Legyen két véglapos etalon összehasonlítandó egymással; akkor az egyik etalont a táblára kell fektetni párhuzamosan az A prisma élével, annak egyik végét a G csavar végéhez illeszteni, s a kocsit az etalon másik végéhez tolni, míg az emeltyűkar gömböcskéje azzal úgy érintkezik, hogy a vonás a C görreső kereszt-szála alá esik, s a G csavar állását le kell olvasni. Ezután az etalont elvevén helyéből, a másikat kell oda tenni, s a G csavar forgatása által az emeltyűkar vonását újra a görreső szála alá kell beállítani, végre a csavar állását újra leolvasni. Magában értetik, hogy munka közben az etalonokat vékony hengerkékre kell helyezni, hogy azok könnyen mozoghassanak, s a surlódás lehetőleg ártalmatlanná tétessék. Ezen eljárás a Lenoirétól semmiben sem különbözik; erről tehát többet mondani felesleges.

b) De ezen összehasonlítást másként a görresővek segítségével is lehet teljesíteni. Készíteni kell t. i. az etalonok mindenik végéhez kis paralelepiped alakú, gömbben végződő, vonásokkal ellátott darabkákat. Azután össze kell hasonlítani az így felszerelt etalonokat kétszer egymásután, felecserelvén a két összehasonlítás közt a toldalék darabokat egymással. Ha az etalonok hosszát E , E' -nek, a darabkákat összevéve

e, e' -nek, az észlelt különbségeket pedig δ, δ' -nek nevezzük, akkor első ízben lesz:

$$E + e - (E' + e') = \delta$$

másod ízben pedig

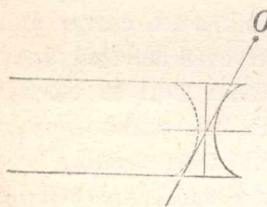
$$E + e' - (E' + e) = \delta'.$$

Ezen egyenleteket összeadván és felélvén lesz:

$$E - E' = \frac{\delta + \delta'}{2}.$$

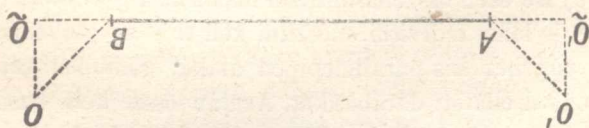
A végeredményből tehát a toldalékok hossza kiesett.

c) Ezen eljárást Fizeau legujabban igen érdekesen módosította. Ő a toldalékoknak tü alakot adott, melyeknek hegyei igen kis sugáru gömböcskéket ábrázolnak. Ezek tűk hegyei az etalonok véglapjait csaknem érintik, s ezeknek sima fénylő felületén visszatükröződnek. A göresőben mind a tü hegyét, mind annak képét egyszerre lehet látni, s a szállal a tü hegye és annak képe között levő igen kis hézagocskát nagy pontossággal lehet felézni. Ha a tűk finom mozgással bírnak, az említett hézagocskákat el is lehet enyésztetni, úgy hogy a gömböcskék egymást érinteni látszanak. Hogy a tűkör képét látni lehessen, a göreső optikai középpontját O



egy kissé az etalon véglapján kívül kell állítani, s midőn a tü hegye a maga képét érinteni látszik, akkor a göreső tengelysugara, mely tehát az optikai középponton megyen keresztül, és a gömböcskét érinti, — azon feltevés mellett, hogy a tü hegye forgási felülettel bír, — a

véglapnak azon pontján megyen keresztül, melyet a tü tengelye metsz. Ennek oka az, mert az alak négy congruens negyedből áll. Ezen pont egyszersmind az etalon mérték vég-



pontja, minthogy a tü hegye ezen pontra állittatik be. Legyen most az egyik göreső, melynek optikai középpontja O , az

egyik etalon B végére beállítva, s a csavar állás leolvastatván adjon m -et. Gondoljuk a göröső keresztszálát az etalon lapjára merőleges irányba OQ beállítva, a leolvasás legyen c . Ekkor $c - m$ a BQ darabkát méri, mely a göröső optikai középpontjának az etalon véglapjától való távját adja. Ezután toljuk el a kocsit, míg a göröső optikai középpontja O' -be jön, ez által a merőleges sugár $O'Q'$ iránya változást nem szenved, tehát a leolvasás c marad; de midőn a szálát az A pontra beállítjuk, n -et olvassuk le a csavaron, s a különbség $n - c$ az AQ' darabkát méri. A fentebbi alakból világosan látszik, hogy OO' , vagy is a kocsit által leírt út hossza egyenlő az etalon hosszával és a két darabkával, vagyis:

$$OO' = E + n - c + c - m = E + n - m$$

s ezen eredmény nem kíván a görösőtől valamely bizonyos fekvést sem az etalon véglapjait, sem annak felületét illetőleg, minthogy az azt jelző c a képletből kiesett. A második göröső és etalonra vonatkozólag hasonlóképen lesz:

$$OO' = E' + n' - m'.$$

Ezen két egyenletből következik

$$E - E' = (n' - m') - (n - m)$$

azaz: az etalonok különbsége egyenlő a két görösőn észlelt csavarváltozások különbségével.

d) Ha egy vonásos etalont egy véglapossal kell összehasonlítani, akkor a véglapos etalont a gömböcskék közé állítván, míg az emeltyűkar vonása a C göröső szála alá esik, a vonásost pedig az előbbivel párhuzamos fekvésben egyik vonásával a D göröső szála alá helyezvén, ezen a csavar állását leolvassuk. Ezután eltávolítván a véglapos etalont helyéből, a kocsit előre toljuk, míg a két gömb egymást érinti, s az emeltyűkar vonása ismét a C göröső szála alá jön. Ha most az etalon másik vonása a D göröső szála mellett látszik, az eltérést a parányesavar által meg kell mérni. Azonban itt is lehet a véglapos etalont a Fizeau-féle tükkel felszerelve a göröső alá hozni, épen úgy, mint az előbbi pontban elő van adva; a képlet is csak abban különbözik az előbbi számban kifejtettől, hogy jelen esetben az egyik, nevezetesen a voná-

szos etalonnál a leolvasások egyenlők, azaz: $m = n$, a keresett különbség tehát lesz:

$$E - E' = (n' - m').$$

e) Ha vonásos etalont vonásossal kell összehasonlítani, akkor az etalonokat egymás mellé fektetvén, az A prizmával párhuzamosan, az egyiknek vonását a D , a másikat pedig az E göröső szála alá kell beállítani. A párhuzamosságot onnan lehet megítélni, hogy ha a kocsit az A hosszant eltoljuk, az etalonok másik végein levő vonások is szintén a görösövek szálkereszt-metszés-pontjain mennek keresztül. Ha most az egyik göröső szálát a kocsi finom mozgatása által szigorúan a vonásra állítjuk, a másik görösőben az eltérést a parány-esavar által kell megmérni.

f) Végre ha egy etalont kell készíteni egy meglevő ösrud mintájára, vagy egy etalont apróbb részekre beosztani vonásokkal egy már meg lévő minta szerint, akkor az E görösövet levévén a kocsiról, helyébe egy vonalzó készüléket kell megerősíteni, melynek vésője az A prizma irányára merőleges vonásokat húz, s az eredeti etalont a D göröső alá beállítván, a copiót a vonalzó alá kell helyezni. Most a göröső szálát a kocsi eltolása által a mintának minden egyes osztásvonalára beállítván, a vonalzóval egy-egy vonást kell húzni; ezek a mintaetalon mértékeinek fognak megfelelni.

Ezen eljárás ellen, a mint azt Gambey összeállította a különböző czélok szerint, két nagy ellenvetést lehet tenni; u. m.:

1) Hogy az etalonok hőmérséke egész biztossággal meg nem határozható, minthogy azok lapjukkal a táblán fekszenek, tehát inkább a tábla, mint a környező lég hőmérsékét veszik fel magokba, de a melyet megint csekélyebb tömegök miatt hamarabb át adnak a környező léznek, mint a nagy tömegű tábla. Ezen káros befolyást csökkenteni lehet az által, hogy a táblát papirossal betakarjuk, s az etalonokat hengereskékre helyezzük. Teljesen azonban csak akkor lesz ezen ellenvetés lefegyverezve, ha az etalonokat legalább egy hűvelők átmérőjű hengerekre fektetjük, hogy azok minden oldalról lég által legyenek körülveve, s a tábla tömegével csak

Ugyde az $EE'G$ kis háromszögecske hasonló a $BE'K \triangle$ -höz, ez pedig a $BKE \triangle$ -egyenlő; tehát

$$E'G : EE' = BK : BE,$$

s innen

$$E'G = \frac{\overline{EE'} \cdot \overline{BK}}{\overline{BE}}$$

Minthogy pedig $EE' = \overline{BE} \cdot \omega$, ezt helyettesítvén, ha még $EK \dots t$ -vel jelöltetik, lesz

$$E'G = t\omega.$$

Továbbá $GH \perp ED$ -vel ω szöget zár be, minthogy az a megfelelő szakalak közötti hajlásszöget ábrázolja; ezért

$$GH = \overline{ED} \cdot \cos \omega.$$

Minthogy pedig ω csak igen kis szöget jelent, a Cosinus helyett észrevehető hiba nélkül 1-et lehet tenni; ennél fogva

$$GH = \overline{ED}.$$

Végre a kis háromszögecskében $DD'H$

$$\overline{HD'} = \overline{DD'} \cdot \sin D.$$

Minthogy pedig $DD' \perp CD$, továbbá $DH \perp E'D'$ tehát $D = \omega$, lesz:

$$\overline{HD'} = \overline{DD'} \cdot \omega.$$

Azonban $DD' = \overline{CD} \cdot C$, mint körívecske, C pedig mindig kisebb mint ω , tehát

$$\overline{HD'} < \overline{CD} \cdot \omega^2$$

s ha CD egy méter hosszú rudat jelent

$$\overline{HD'} < \omega^2$$

ennél fogva egészen elhanyagolható. Tehát lesz

$$\overline{E'D'} = \overline{ED} + t\omega,$$

hol a második tag a koci elfordulásából eredő hibát jelenti. Ezen hiba az etalonok középvonalainak egymástól való távjától függ. Legyen ez p. o. 5 cm., $\omega = 20''$ akkor a hiba lesz:

$t\omega = 50 \text{ mm.} \times 0.0001 = 0.005 \text{ mm.}$, azaz: 5 mikron. Ezek körülbelül a párisi conservatoireban levő Gambey Comparator hiba viszonyai.

De ezen nehézségen könnyű segíteni. Cseréljük fel az etalonokat egymással, és keressük a hibát az előbbi úton, akkor ezen eredményhez jutunk:

$$\overline{E''D''} = \overline{ED} - t\omega,$$

mert fel lehet tenni, hogy a mérés egészen az előbbi körülmények közt ismételtetik, a kocsi csaknem egészen az előbbi helyen fog megállapodni, tehát az elfordulás sem fog az előbbitől észrevehetőleg különbözni, a t úgy is állandó, mert az a göresövek számai távját jelenti merőleges irányban a kocsi mozgására. Ha tehát a két mérés eredményét egymással összeadjuk és felézzük, lesz

$$ED = \frac{E'D' + E''D''}{2}$$

melyből az elfordulási hiba egészen kiesett.

Hogy tehát ezen műszerrel jó eredményt lehessen nyerni, a mérést kétszer kell csinálni, az etalonokat a két mérés közt felcserélvén egymással, s így kezelve, a mérés igen kényelmes, az észlelések ismétlése igen könnyen és gyorsan eszközölhető. Ha az ismétlések kellő számmal megtétettek, az etalonok kicseréltetnek, s a göresövek alá újra beállítatnak; de az észleléseket legegyszerűbb más napra halasztani, hogy addig az etalonokban a hőegyensúly helyre állhasson, mely az etalonok kézbe fogása, s az észlelő testének közelsége által a beállítás közben megzavartatott. Csak az volna még kívánatos, hogy a kocsi hosszabb lenne; akkor a vezetés még jobban sikerülne. A véső mozgásában is nagyobb biztosság volna kívánatos, mely kettős, u. m. vízszintes és függélyes irányban való mozgathatóságot vevén igénybe, igen complicált szerkezeti, s csak kitűnő kivitelnél ad egyenes vonásokat.

VI. Ezen kívánságnak jobban megfelel a *Tresca-Dumoulin* féle Comparator szerkezete, mely a 6-ik ábrából (alap- és végnézetben) könnyen megérthető. Ebben a göresövek egy erős vaskaron A , melyet azonban czélszerűen egy, a készülék mellé a földbe fundált köoszloppal is lehet helyettesíteni, vannak megerősítve, tehát mozdulatlanok, az etalonok pedig egy, kerekeken nyugvó kocsi B felső lapjára K vannak fektetve. A kocsit durván és finomul lehet itt is mozditni, a vezetés tökéletesebb, mint az előbbinél, mert a vezető lapok m , m' egy méter távban vannak egymástól, az érintkezést rugók n , n' biztosítják. Az etalonokat egy vályuban is lehet a kocsi tetejére tenni, s a mérést folyadékban végrehajtani egész kényelemmel. A véső szerkezete igen egyszerű, mert az

A karon van elhelyezve, és csak egy szilárd tengely körül fel és le mozoghat, a vízszintes irányban való mozgás pedig az etalonra van átruházva, oly módon, hogy a koezi tetejét képző tábla K a koezi hosszára keresztben mozoghat, s parallel vezetésekkel v , v' van ellátva, s az etalonok ezen táblára vannak helyezve. Ha tehát ezen tábla egy csavar által oldalt elmozdítatik, az etalonok vele együtt mozognak, s a véső biztos egyenes vonásokat húz az etalon felső lapjára. Ezen készülék használata igen kényelmes; az észlelést két sorban kell tenni, melyek közben az etalonokat ki kell cserélni egymással, hogy a vezetés egyenessége ellen létező csekély hiba az eredményből kiküszöböltesse. Azonban még ezen szerkezetet is lehet tökéletesíteni; nevezetesen szükségesnek látszik előttem, hogy az etalonokat ki lehessen cserélni a nélkül, hogy azokhoz nyulni kellene a végre, hogy az észleléseket folyton lehessen végrehajtani, mihez az eddigi szerkezetnél a két sor között hosszabb szünet szükséges. Ezt pedig könnyen el lehet érni az által, hogy a K táblára még egy második tábla helyeztetik; a K tábla közepén, hosszant egy háromszögű prismát ábrázoló rovátékot, a rá helyezett táblán pedig egy megfelelő tömör prismát kell gyalulni. Ezen prismák egymásba illvén, a tábla 180-al megfordításának biztositékaul szolgálnak. Az etalonokat most ezen tábla közepén kell elhelyezni oly módon, hogy azok a tábla megfordítása után is a görésövek látmezejébe essenek, kis eltéréseket a K tábla keresztmozgása által lehet elhárítani. A tábla felemelése, megfordítása és leeresztése egy a menyezetben a készülék felett megerősített csiga segítségével, egy kötél által eszközöltetik, melyről a tábla négy vége felé négy, horgokkal ellátott zsinag ágazik el, a tábla sarkokon pedig megfelelő karikák vannak alkalmazva. Továbbá ohajtandó, hogy az egyik göréső nagyobb mértékek megmérésére is alkalmas legyen, mint a göréső látmezeje. Ezt is könnyen el lehet érni, ha p. o. a D göréső nem közvetlen az A kar végén, hanem egy szánkán erősítetik meg, mely egy csavar által vízszintes vezetékek közt eltolható; ezzel szükség esetében 3—4 centiméter hosszú vonalat is meg lehet mérni. Az így felszerelt Comparator nekem minden tekintetben megfelelőbbnek látszik lenni, mint az

eddig szerkezet, mert több czélokra egyaránt gyorsan és biztosan alkalmazható. Különösen megemlitendőnek vélem még azt, hogy ezen szerkezet megkívánja, hogy a vályu igazító csavarokkal legyen felszerelve, mind függélyes mind vízszintes irányban; a kiterjedési tényezők megméréséhez pedig még az is szükséges, hogy az etalonok külön-külön edénybe legyenek elhelyezve, hogy azokat különböző hőmérsék alatt lehessen összehasonlítani egymással; ezt azonban már báró Wrede is ajánlotta. Ennek kifejtését máskorra hagyom, midőn e részben tett kísérletekre fogok hivatkozhatni.

Mind ezen Comparatorok használatba fognak jönni a nemzetközi méter-rudak készítése alkalmával, s a műszerek közt egy verseny fog előállani, melynek eredménye időszakot fog képezni a metrologiában. Eddig a tudós világ a lateral mozgással bíró comparatoroknak adja az elsőséget a longitudinal mozgásúak felett, mint az a párisi méter-értékeztet jegyzőkönyveiben is kifejezést nyert. Valóban hosszú, két öles basis-mérő rudak összehasonlításánál csak is egyedül olyanok használhatók, mert azoknál a longitudinal mozgás részint igen nagy tért, részint igen sok időt venne igénybe; de ha csak egy méter hosszú etalonokról van szó, ezen nehézség egészen elenyészik. A fentebb említett vélemény csupán elméleti, nem pedig tapasztalati alapokon nyugszik, annál kevésbbé van autopsiára fektetve; s nézetem szerint a kérdés még véglegesen eldöntve nincs.

